

BIM 技术在市政道桥设计与施工中的应用

王旭东

(安徽桁诚市政工程有限公司, 安徽 安庆 246000)

【摘要】随着城市化进程的加速和交通需求的增长,市政道桥工程的设计与施工面临诸多挑战。建筑信息模型(BIM)技术作为一种先进的数字化工具,其在市政道桥设计与施工中的应用日益广泛。本文旨在探讨BIM技术在市政道桥设计与施工中的具体应用,以期为市政道桥工程的建设提供参考。

【关键词】BIM技术;市政道桥;设计与施工;数字化工具

引言:

市政道桥作为城市交通的重要组成部分,其设计与施工的质量直接关系到城市的交通流畅度和市民的出行安全。然而,传统的道桥设计与施工方法往往存在信息沟通不畅、协同效率低下等问题,难以满足现代道桥工程对高效、精确、环保的需求。BIM技术作为一种先进的数字化工具,能够实现对道桥工程全生命周期的信息化管理,提高设计与施工的效率和质量。本文将从BIM技术的概念、特点及其在市政道桥设计与施工中的应用等方面展开探讨。

一、BIM技术概述

BIM技术的理论基础主要源于计算机科学、信息技术和建筑学的交叉融合。其中,计算机辅助设计(CAD)为BIM的三维可视化提供了基础,而信息管理理论则为数据集成和共享提供了框架。此外,建筑性能分析、项目管理学和可持续设计理念也是BIM技术发展的重要支撑。BIM模型不仅包含了建筑的几何信息,还包括材料、性能、成本、进度等多维度数据,这些信息可以进行实时更新和动态分析,以便于多专业团队的协同工作。在设计阶段,BIM技术的三维可视化能力使得设计师能够从多个维度审视设计方案,减少设计错误和冲突。通过参数化设计工具,设计师可以根据项目需求快速生成和比较不同的设计方案,提高了设计创新和精细化管理的能力。同时,BIM模型中的信息可实时同步,使得设计团队、施工团队以及业主能够共享同一个模型,以便于及时发现和解决问题,减少设计变更带来的成本浪费。施工阶段,BIM技术的应用则体现在施工模拟、进度管理、资源分配等多个层面。通过施工顺序模拟,BIM能够预测施工过程,优化施工方案,降低施工风险。在进度管理中,BIM可以创建精确的施工进度网络,通过4D(三维空间加时间)模型来跟踪进度,及时调整工作计划。

此外,BIM还能支持变更管理,当设计或施工中出现变更时,能迅速反映在模型中,确保所有相关方都能及时了解并跟进。然而,尽管BIM技术在市政道桥领域展现出巨大的潜力,其推广和应用仍面临一些挑战。首先,技术培训和人员技能提升是关键,只有熟练掌握BIM工具的设计师和工程师,才能充分发挥其效能。其次,软件兼容性和数据共享机制需要进一步完善,以实现跨企业、跨软件平台的无缝协作。此外,BIM标准的统一和行业规范的制定也是确保技术广泛应用的重要因素。

二、BIM技术在市政道桥设计中的应用

(一)可视化设计

BIM的三维可视化能力让设计师能够从不同角度、空间维度审视设计,从而发现潜在的问题,减少设计冲突。设计师可以通过交互式三维模型实时预览设计方案,不仅在概念设计阶段可以快速生成和比较不同的设计概念,而且在详细设计阶段也能直观地呈现结构、管线等复杂系统的布局,确保设计的完整性和一致性。参数化设计允许设计师根据设计目标或性能参数自动调整设计方案,显著提高了设计效率。例如,桥梁的结构梁高可以根据承载力要求自动调整,路灯间距则可以根据照明需求进行设定。这种自动化的调整过程减少了人为误差,确保了设计的精确度,并且能够快速响应设计变更,降低了因修改带来的额外成本。BIM的可视化设计还提高了设计团队之间的协作效率。通过云同步技术,设计团队成员可以实时查看和编辑同一个模型,共享设计信息,及时沟通和解决问题。这种协同工作方式打破了传统的信息孤岛,确保了设计信息的一致性,减少了因信息传递不畅导致的误解和错误。此外,可视化设计使得业主和非专业人员也能更容易理解设计意图,促进了设计的沟通与接受度。

在项目沟通和展示环节，BIM的可视化模型能够以直观、生动的方式向各方展示设计细节，无论是桥墩的结构、路面的布局，还是地下设施的布置，都能通过3D模型清晰地呈现出来。这不仅提升了设计的说服力，也为施工阶段提供了更为详尽的指导，降低了施工过程中的不确定性和风险。

（二）模拟分析

模拟分析通过在计算机环境下对设计方案进行仿真，预测和评估设计的性能和施工过程，从而优化设计方案，降低风险，提高工程的整体效益。BIM的模拟分析能力不仅体现在结构分析上，还涵盖了流体动力学、热环境、声学、视觉环境等多个领域，为设计师提供了全方位的设计优化依据。在结构分析中，BIM模型可以与结构分析软件无缝集成，通过计算模拟，预测桥梁的受力状态、变形和稳定性，确保其在各种荷载条件下的安全性。对于复杂的道桥结构，如悬索桥、斜拉桥等，BIM的模拟分析能够精确分析其特殊受力特征，帮助设计师优化结构设计，降低材料使用，节约成本。在流体动力学分析中，BIM能够模拟车辆通过道桥时的空气动力学效应，预测风荷载对桥梁结构的影响，优化桥梁的造型设计，减少风阻，提高行车舒适性。对于有水体影响的项目，如河底隧道或水边桥梁，BIM可以模拟水位变化、水流方向对结构的影响，确保设计的耐久性和安全性。在热环境分析中，BIM模拟分析能够预测桥梁在不同季节、昼夜温差下的热胀冷缩，预防因热应力导致的裂缝和变形。对于地下道桥，如隧道，模拟分析可以评估通风、散热系统的性能，保证隧道内环境的舒适性和安全性。声学分析是针对交通噪声对周边环境影响的评估，通过模拟分析，设计师可以优化道路的声屏障设计，降低噪声对居民生活的影响。同时，BIM的模拟分析还能用于视觉环境分析，如照明设计，确保道桥在不同时间段、天气条件下的视觉效果和行车安全。BIM的模拟分析还能够应用于施工阶段的模拟，预测施工过程中的安全风险、进度问题和资源需求，为施工组织优化提供决策支持。例如，通过施工顺序模拟，可以提前发现潜在的施工冲突，优化施工方案，降低施工成本，提高施工效率。

（三）优化设计

在概念设计阶段，设计师可以利用BIM的参数化设计工具，快速生成和比较不同的设计选项。这种基于性能的设计方法（Performance-based Design）允许设计师基于工程目标和约束条件，自动调整设计参数，生成符合要求的多种设计方案。相比传统方法，

参数化设计可以显著减少手动操作，降低错误，提高设计效率，同时也为业主提供了更多选择，实现更高的满意度。在详细设计阶段，BIM能够与专业软件深度集成，如结构、暖通、电气等专业设计软件，使得设计师能在一个统一的平台上进行协同设计。设计师可以实时查看其他专业设计的反馈，及时修改和调整自己的设计，从而减少冲突和错误，提高设计的完整性。例如，管道布局可以通过BIM模型进行碰撞检测，一旦发现冲突，可以立即调整，避免了传统二维图纸中可能存在的遗漏。BIM的优化设计还体现在材料和成本管理上。基于BIM的物料清单（Bill of Materials, BoM）功能，设计师可以精确估算项目的材料需求，这不仅有助于控制成本，还能提前发现材料供应的问题，避免施工阶段的延误。同时，BIM模型中的成本信息可以与设计变更同步更新，确保预算的准确性。在施工图设计阶段，BIM模型可以生成直观的施工图纸，包括平面图、立面图、剖面图以及详图，这些图纸不仅能清晰指导现场施工，还能作为与供应商、施工队伍沟通的依据。通过BIM技术，设计师可以模拟施工过程，评估设计方案的可施工性，提前发现并解决可能存在的问题，减少现场施工的困难和返工。BIM的优化设计功能也延伸到绿色设计领域，通过集成环境模拟工具，设计师可以评估设计方案的能源效率、日照性能、通风状况等，以实现可持续发展。例如，桥梁的太阳能板布置和照明设计可以通过BIM模拟分析，以确保能源的有效利用，降低碳排放。

（四）协同设计

在设计过程中，BIM技术允许设计师在三维空间中进行设计，同时在模型中整合材料、成本、进度等多维度信息。这使得设计师能够从一个全面的角度审视设计方案，及时发现潜在的问题，并且能够快速响应设计变更，减少了因修改带来的额外成本。通过BIM的协同设计功能，设计师可以与结构工程师、机械工程师、电气工程师等其他专业人员进行实时讨论和交流，确保设计的完整性和一致性。这种高度的集成和协同，使得设计团队能够共享信息，实时解决问题，大大提高了设计的效率和质量。同时，BIM的可视化设计还使得业主和非专业人员也能更容易理解设计意图，促进了设计的沟通与接受度。在施工阶段，BIM的协同设计能力同样重要。通过BIM的4D（三维空间加时间）模型，可以预测和优化施工过程，降低施工风险。BIM模型可以作为施工团队的参考，帮助他们理解设计意图，确保施工的精度，同时

也能为施工管理提供实时的进度信息和资源需求。

三、BIM 技术在市政道桥施工中的应用

（一）碰撞检测与协调

碰撞检测是指在施工前，通过 BIM 技术在三维空间中模拟施工过程，提前发现不同专业设计有可能发生的冲突和碰撞，如结构与机械、电气的碰撞，或者结构与结构之间的空间冲突。在传统的二维设计和施工中，这种碰撞和冲突往往难以在设计阶段就被发现，可能导致施工过程中的修改和返工，增加成本和时间。BIM 技术的碰撞检测功能将各个专业设计的模型整合在一个统一的三维空间中，使得设计师和施工团队能够从一个全局的角度审视设计方案，提前发现潜在的冲突和问题。通过实时的碰撞检测，设计团队可以及时调整设计，降低冲突和碰撞的可能性，提高施工的精准度。同时，BIM 技术的协调功能允许团队成员在模型中进行实时的讨论和交流，迅速解决冲突和问题，避免了信息传递的延迟和错误。在市政道桥施工中，BIM 的碰撞检测与协调对于提高施工质量和效率至关重要。例如，在桥梁施工中，结构设计、机械设计和电气设计可能会存在冲突，如管道和电缆的布局与结构的冲突。通过 BIM 的碰撞检测，设计师和施工团队可以及时发现这些问题，并通过协调机制快速解决，避免了在施工过程中出现的返工和浪费。BIM 的碰撞检测与协调功能也有助于提高施工的安全性。例如，通过模拟施工过程，BIM 模型可以预测出施工设备和人员可能与结构发生碰撞的风险，从而采取预防措施，降低施工过程中的安全风险。这一功能在隧道施工中尤其重要，由于空间受限，碰撞风险较高，BIM 技术的运用可以显著提高施工的效率 and 安全性。

（二）施工进度管理与监控

在施工进度管理中，BIM 技术首先将设计模型与施工计划相结合，生成 4D（三维空间加时间）模型。这种模型直观展示了整个施工过程的动态序列，使得项目经理和施工团队能够从宏观和微观层面同步了解施工进度。通过 4D 模型，施工团队可以预测不同阶段的施工时间，及时调整施工顺序，确保关键路径的顺畅进行，避免时间延误。BIM 技术的进度管理功能还包括资源调度。在 4D 模型中，资源如人力、设备和材料的使用情况可以被精确地预测和管理。通过对资源需求的实时评估，项目团队可以做出最优的资源配置决策，保证关键任务的资源充足，同时避免资源过度投入或浪费。这不仅降低了成本，也提升了施工效率。

在施工进度监控阶段，BIM 技术的应用体现在进度的实时跟踪和可视化反馈上。通过集成的项目管理软件，施工团队可以将实际进度与计划进度进行对比，一旦发现偏差，可以立即通过 BIM 模型分析可能的原因，如材料供应延迟、设备故障或劳动力不足等。这种即时的反馈机制使得问题能够得到迅速解决，避免了进度滞后的连锁反应。BIM 的施工进度管理与监控功能还延伸到风险管理。通过模拟可能的风险场景，BIM 模型可以预测潜在的进度延误，如极端天气、施工冲突等，从而提前制定应对策略。这种风险预警机制有助于项目团队在问题发生前采取预防措施，降低其对施工进度的影响。结合经典理论如挣值管理（Earned Value Management, EVM），BIM 技术能够计算项目的进度偏差（Cost Variance, CV）和成本绩效指数（Cost Performance Index, CPI），以此评估项目的执行效率。这些指标为项目管理提供了关键数据，帮助决策者实时调整管理策略，确保项目按计划完成。

结束语：

随着科技的不断进步和建筑行业的快速发展，BIM 技术在市政道桥设计与施工中的应用日益广泛，已成为提升工程质量和效率的重要工具。BIM 技术通过其强大的可视化设计、模拟分析、优化设计和协同设计功能，为市政道桥工程的设计阶段提供了全面而精准的支持，减少了设计错误和冲突，提高了设计的创新性和精细化管理水平。在施工阶段，BIM 技术的碰撞检测与协调、施工进度管理与监控等功能，为项目的顺利实施提供了有力的保障，降低了施工风险，提高了施工效率和质量。尽管 BIM 技术的推广和应用仍面临一些挑战，如技术培训和人员技能提升、软件兼容性和数据共享机制完善等，但随着技术的不断进步和行业规范的完善，我们有理由相信，BIM 技术将在市政道桥设计与施工中发挥更大的作用，为城市的发展和进步贡献更大的力量。未来，随着 BIM 技术的不断创新和完善，我们有理由期待其在市政道桥领域展现出更加广阔的应用前景。

参考文献：

- [1] 许文质 .BIM 技术在市政工程施工管理中的应用研究 [J]. 中国建设信息化, 2022, (20) : 73-75.
- [2] 周佳佳 .BIM 技术在市政道路施工中的应用 [J]. 运输经理世界, 2022, (18) : 31-33.
- [3] 董祯保 .BIM 技术在市政道路与桥梁设计中的应用 [J]. 建材与装饰, 2020 (19) : 261-262.